https://www.engcopilot.com/

Reef4 version 4.4.3.1 - Edition 174 - Décembre 2013
Document : DTU 11.1 (DTU P94-201/CCH) (décembre 1968) : Sondage des sols de fondation - Cahier des charges (DTU retiré) (Indice de classement : P94-201)

Document Technique Unifié

DTU 11.1

Décembre 1968
DTU P 94-201

travaux de sondage des sols de fondation

cahier des charges

Analyse

Ce document définit les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les travaux de sondage des sols de fondation

Ndlr : Ce DTU a été retiré de la liste des DTU et Normes-DTU en vigueur, par décision du 17 mai 2000 de la Commission Générale de Normalisation du Bâtiment-DTU (CGNorBat-DTU) pour qu'il ne soit plus applicable dans les marchés privés de bâtiment se référant aux dispositions de la norme NF P03-001 .

Il est classé comme document de référence auquel il peut être fait appel, partiellement ou en totalité dans les conditions particulières des marchés, d'un accord commun entre les parties.

Date de retrait de la liste: septembre 2000.

Sommaire

Liste des auteurs
Chapitre I Prescriptions générales
1.1 Objet
1.2 Domaine d'application
Chapitre II Méthodes de sondage par forages et prélèvements
2.1 Exécution des forages
2.1.1 Forages de grande section : puits et tranchées
2.1.1.1
2.1.1.2
2.1.1.3
2.1.1.4
2.1.2 Forages de petite section
2.1.2.1
2.1.2.2
2.1.2.3
2.2 Etablissement de la coupe de sondage
2.2.1 Relevé des niveaux
2.2.2 Identification des sols
2.3 Prélèvements d'échantillons remaniés
2.3.1 Précautions à prendre avant prélèvement
2.3.2
2.4 Prélèvements d'échantillons intacts
2.4.1 Précautions à prendre avant prélèvement
2.4.2 Exécution du prélèvement
2.4.2.1
2.4.2.2
2.4.2.3
2.4.2.4
2.4.3 Renseignements à fournir lors du prélèvement
2.4.3.1
2.4.3.2
2.4.3.3
2.5 Conservation et transport des échantillons
2.5.1 Etiquetage des échantillons
2.5.2 Conservation des échantillons
2.5.2.1
2.5.2.2
2.5.2.3
2.5.2.4
2.5.3 Emballage et transport des échantillons
2.6 Compte rendu de forage

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

2.6.1 Cahier de chantier
2.6.2 Rapport de forage. Présentation des coupes
Chapitre III Exploration et reconnaissance détaillée d'un sol de fondation par essais in situ
3.1 Sondages par pénétromètres enfoncés sous l'action d'un vérin
3.1.1
3.1.2
3.1.3
3.2 Pénétromètres enfoncés par battage
3.2.1
3.2.2
3.2.3
3.2.4
3.2.5
3.3 Mesure de l'énergie de battage nécessaire pour enfoncer un carottier dans le sol en place (Standard Penetration Test)
3.4 Mesure de la déformation et de la butée horizontale des sols en place
3.5 Mesure de la cohésion in situ à l'aide de l'appareil à pales
3.6 Autres essais in situ
3.7 Rapport d'essai in situ
Annexe A Dénomination provisoire des sols rencontrés
1 Sols meubles
2 Sols rocheux
Annexe B Masse de matériau nécessaire pour les principaux essais de laboratoire effectués sur des échantillons remaniés
Annexe C Caractéristiques géométriques des carottiers à percussion
Annexe D Définition du pourcentage et de l'indice de carottage

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Membres de la commission d'études du cahier des charges et du cahier des clauses spéciales relatifs aux travaux de sondage des sols de fondation

Président

M. J. LEHUEROU-KERISEL, Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Rapporteur

M. J. MEYER, Ingénieur, Attaché à la Direction du Centre Expérimental de Recherche et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

Membres

M.

- **GROSBORNE,** représentant l'Ordre des Architectes.
- **GIGOU,** représentant l'Association Française de Normalisation.
- **L'HERMINIER,** représentant le Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

MM.

- **PASQUET, ADAM et PASTRAND,** représentant la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé.
- **A. MAYER,** Président, **BOUVIER, GRAUX et PAREZ,** représentant le Comité Français de Mécanique des Sols et des Fondations.
- **GUERIN, HAFFNER et GREZEL,** représentant l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

M.

- **HABIB,** représentant le Laboratoire de Mécanique des Solides de l'Ecole Polytechnique.
- **MERCY,** représentant le Bureau SOCOTEC.

MM. BUISSON et AHU, représentant le Bureau VERITAS.

M.

- **CAMBEFORT,** Directeur Technique de la Société SOLETANCHE.
- **BARBEDETTE,** Directeur Technique de l'Entreprise P. BACHY.

Le laboratoire central des ponts et chaussées

Le centre scientifique et technique du bâtiment

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Chapitre I Prescriptions générales

1.1 Objet

Le présent Cahier des Charges a pour objet de définir les conditions d'exécution des travaux d'exploration et de reconnaissance détaillée des sols de fondation par forages et prélèvements ou par essais *in situ* , à l'exclusion, toutefois, des méthodes d'exploration par étude des champs gravimétriques ou magnétiques, ou par sondages électriques ou sismiques.

Dans le texte du présent Cahier des Charges, l'expression maître de l'ouvrage sous-entend le maître de l'ouvrage ou son représentant qualifié.

1.2 Domaine d'application

Le présent Cahier des Charges est applicable aux sondages de sols destinés à recevoir des constructions quelle que soit la destination de celles-ci.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Chapitre II Méthodes de sondage par forages et prélèvements

2.1 Exécution des forages

Les forages peuvent être classés en deux catégories :

a. Les forages de grande section, c'est-à-dire les puits et éventuellement les tranchées ;
b. Les forages de petite section

Les premiers sont réalisés avec les moyens ordinaires de terrassement.

Ils permettent l'observation directe des sols traversés ainsi que le prélèvement d'échantillons.

Les seconds sont réalisés à l'aide d'appareils spéciaux de perforation qui ramènent à la surface des échantillons intacts ou remaniés des sols traversés.

Lors de l'exécution de forages sous une nappe, il peut être utile d'effectuer des prélèvements d'eau, en vue de rechercher l'existence d'une éventuelle agressivité vis-à-vis des ouvrages (eaux contenant des matières organiques, eaux sulfatées...)

2.1.1 Forages de grande section : puits et tranchées

2.1.1.1

Ils sont implantés, sauf exception, en dehors des emplacements prévus pour les appuis de la construction ; leur exécution est soumise aux prescriptions du Cahier des Charges D.T.U. n° 12 , applicable aux travaux de terrassements de bâtiments.

2.1.1.2

Les puits et tranchées de sondage sont protégés des eaux de ruissellement et couverts lors des arrêts de travaux.

2.1.1.3

Dans le cas d'existence de nappes, les dispositions nécessaires sont prises pour éviter toute influence néfaste sur les échantillons à prélever.

2.1.1.4

Après examen des sols et prélèvements, les puits et tranchées sont remblayés avec soin ; en particulier, le compactage est exécuté de façon à reconstituer une densité voisine de celle du sol en place.

2.1.2 Forages de petite section

2.1.2.1

Les méthodes et les appareils doivent, dans tous les cas, permettre de repérer les niveaux et de reconnaître la nature des couches traversées.

Le maître de l'ouvrage fixe le programme des échantillons intacts ou remaniés à prélever.

Ils doivent également, si les documents particuliers du marché le prescrivent, permettre la prise d'échantillons intacts sans modification sensible de la compacité ni de la teneur en eau naturelle.

Le prélèvement d'échantillons intacts demeure pour l'instant très difficile dans certains sols et en particulier dans les sables ou dans les argiles sensibles au remaniement.

2.1.2.2

Dans le cas où l'une des couches traversées donne lieu à des éboulements ou à une mise en boulance du sol, la protection du trou est assurée par tout moyen efficace, sous réserve que les sols sous-jacents ne soient pas contaminés.

La boue de forage risque de contaminer les sols sablo-graveleux à granulométrie très ouverte, mais ce risque est pratiquement nul avec les sols limoneux ou argileux.

Lorsque l'on prélève un échantillon intact dans un forage tubé, ce prélèvement doit être fait à un niveau inférieur à celui du bas du tube.

Par contre, dans ce dernier cas, l'existence d'une fine pellicule de boue autour de l'échantillon risque de provoquer une humidification de la carotte, si celle-ci est conservée trop longtemps dans son étui de prélèvement.

2.1.2.3

Lorsque le forage est effectué sous la nappe, ou risque d'être ultérieurement noyé, il doit, le cas échéant, être parfaitement injecté à la fin des travaux de reconnaissance, de façon à rétablir la continuité des couches

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

imperméables traversées.

2.2 Etablissement de la coupe de sondage

2.2.1 Relevé des niveaux

Au cours du sondage, les niveaux de séparation des différentes couches ainsi que les niveaux haut et bas des vides éventuellement rencontrés, sont repérés par rapport au niveau du sol. Ils sont par la suite rattachés au nivellement général de la France ou à une base de nivellement couramment employée dans les régions correspondantes.

Si les limites de séparation entre les différentes couches ne sont pas nettes, la zone de transition est indiquée.

La position du ou des plans d'eau est déterminée sans oublier de mentionner les dates et heures correspondant, d'une part, à l'arrêt de la perforation, d'autre part, au relevé des niveaux ; les pertes d'eau observées en cours de sondage sont notées.

> L'indication du plan d'eau n'a de signification précise que dans le cas des terrains peu perméables, le niveau d'équilibre de l'eau ne s'établit que lentement et il peut être utile de faire plusieurs observations successives, en particulier en fin de journée, et le lendemain avant reprise du travail.

Dans le cas de sondage par puits et tranchées, les pendages éventuels des couches sont relevés et repérés par rapport aux points cardinaux et à l'horizontale.

2.2.2 Identification des sols

Au fur et à mesure de la perforation, les sols extraits sont conservés soigneusement pour permettre une identification ultérieure.

Les renseignements suivants sont cependant notés immédiatement :

- cote de prélèvement,
- dénomination provisoire donnée au sol par le sondeur,
- couleur et odeur,
- consistance du sol,
- pourcentage de carottage.

> Les dénominations provisoires proposées pour les sols en fonction de leur aspect sont indiquées à l'annexe A.
>
> Les dénominations définitives seront précisées ultérieurement par un spécialiste et éventuellement après examen des résultats des essais de laboratoire.
>
> Les pénétromètres de poche peuvent donner des indications comparatives utiles sur la consistance des sols dans les zones où aucun prélèvement d'échantillon n'a été prévu.

2.3 Prélèvements d'échantillons remaniés

2.3.1 Précautions à prendre avant prélèvement

Avant tout prélèvement d'échantillons, il est procédé au nettoyage de la surface sur laquelle le prélèvement est prévu. Les matériaux qui pourraient provenir d'autres couches ou qui auraient pu être broyés par les outils de perforation sont éliminés de façon à conserver la granulométrie du sol en place.

2.3.2

Les quantités d'échantillons prélevées doivent être suffisantes pour permettre l'exécution des essais prévus en laboratoire.

> Le poids de matériau nécessaire pour faire un essai déterminé est indiqué à l' annexe B .

2.4 Prélèvements d'échantillons intacts

2.4.1 Précautions à prendre avant prélèvement

Lorsque l'on prélève un échantillon intact dans un sondage, ce prélèvement doit être fait à un niveau inférieur à celui du fond du sondage et, si le sondage est tubé, à un niveau inférieur à celui du bas du tube.

La portion du sol remanié en fond de sondage doit être curée avec soin et sans ébranler la zone où sera prélevé l'échantillon.

> L'action trop brutale de certains outils de terrassement ou de forage amène un remaniement sensible des sols sur une certaine épaisseur qu'il y a lieu d'éliminer avant d'effectuer le prélèvement.

2.4.2 Exécution du prélèvement

Compte tenu de la nature présumée des terrains, les appareils et les méthodes de prélèvement sont proposés par l'entreprise de sondage et approuvés par le maître de l'ouvrage.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

L'emploi du carottier rotatif simple est interdit. Le carottier rotatif double peut être employé dans les terrains fortement cohérents.

> Le carottier rotatif double, à tube intérieur dépassant sous la couronne, évite tout contact entre le fluide de circulation et la carotte. En l'absence de ce perfectionnement, la surface latérale de la carotte risque d'être sérieusement remaniée, en particulier dans les argiles dures, malgré l'utilisation du carottier double.
>
> Les carottiers munis d'un étui perdu présentent le grand avantage d'éviter toute manipulation directe de la carotte sur le chantier.

2.4.2.1

Le type et les dimensions des appareils sont déterminés en fonction de la nature du sol de façon à permettre la prise d'échantillons intactes. En tout état de cause, dans les circonstances les plus favorables, le diamètre ne pourra être inférieur à 50 mm.

> Les diamètres adoptés pour les carottes sont en général compris entre 50 et 140 mm. Chaque fois que cela est possible, il faut cependant choisir des diamètres supérieurs à 70 mm, les carottes offrant alors de plus grandes facilités pour l'exécution des essais de laboratoire.
>
> Par ailleurs, le remaniement latéral superficiel dû au prélèvement est proportionnellement moins important pour les carottes de grand diamètre.

2.4.2.2

Les caractéristiques géométriques des carottiers non rotatifs doivent être telles que, sauf exception, le coefficient d'entrée ou jeu intérieur soit compris entre 0,5 et 1,5 % et l'indice de surface ou coefficient de paroi soit inférieur à 15 %.

> Le coefficient d'entrée ou jeu intérieur du carottier défini à l' annexe C contrôle le frottement de la carotte à l'intérieur de l'appareil de prélèvement.
>
> L'indice de surface ou coefficient de paroi du carottier défini à l' annexe C représente le rapport du volume de terrain déplacé au volume de l'échantillon.

2.4.2.3

La méthode d'enfoncement des carottiers doit être celle qui conduit au remaniement le plus faible.

Si le carottier n'est pas muni de dispositif de sectionnement de la base de la carotte, la séparation de celle-ci est effectuée par mise en rotation du carottier.

La pénétration totale du carottier ne doit, en aucun cas, être supérieure à la longueur intérieure du carottier.

La mise en flexion ou en vibration du train de tige est interdite.

> Cette mise en flexion ou en vibration peut, en effet, dans certains cas, provoquer un remaniement trop important du sol.

2.4.2.4

Si l'enfoncement se fait par fonçage, il est effectué sans aucune interruption ni mise en rotation du carottier. La vitesse de fonçage est réglée en fonction de la consistance du sol.

> Une vitesse de fonçage comprise entre 15 et 30 cm/seconde conduit en général au minimum de déformation de la carotte.

2.4.3 Renseignements à fournir lors du prélèvement

Fiche de carottage.

2.4.3.1

Pour chaque prélèvement, l'entrepreneur établit une fiche de carottage qu'il remet au maître de l'ouvrage après y avoir porté les indications suivantes :

- référence du chantier,
- entreprise chargée du prélèvement,
- numéro de sondage,
- date du prélèvement,
- niveaux de prélèvement,
- type et caractéristiques du carottier utilisé,
- méthode d'enfoncement du carottier,
- longueur d'enfoncement du carottier,
- longueur de la carotte extraite,
- longueur de la carotte conservée,

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

- observations sur les difficultés rencontrées au cours des opérations de prélèvement et notamment précautions prises du fait de la présence d'eau dans les forages.

Des mesures de résistance au pénétromètre de poche, sur les parties de carottes saines éliminées sur chantier permettent de déceler ultérieurement, grâce à des mesures comparatives en laboratoire, toute dessiccation ou humidification accidentelle.

2.4.3.2
Si l'enfoncement du carottier est réalisé par battage, l'entrepreneur indique :

- le poids de la partie frappée (carottier et accessoires qui lui sont liés),
- le poids de la partie frappante (mouton et ses accessoires),
- la hauteur de chute du mouton,
- les longueurs d'enfoncement cumulées en fonction du nombre de coups de mouton.

2.4.3.3
Si l'enfoncement est réalisé au vérin, la vitesse de fonçage est indiquée. Si l'effort de fonçage est mesuré, la variation de cet effort en fonction de la pénétration du carottier est également mentionnée.

2.5 Conservation et transport des échantillons

2.5.1 Etiquetage des échantillons

A chaque échantillon prélevé est joint un double de la fiche de carottage.

En plus des niveaux entre lesquels l'échantillon a été prélevé, l'entrepreneur doit mentionner la partie haute et la partie basse de la carotte.

Toutes précautions sont prises pour qu'aucune confusion ou perte de référence ne puisse se produire.

2.5.2 Conservation des échantillons

2.5.2.1
Les échantillons remaniés sont conservés dans des emballages conçus de telle sorte qu'aucune perte de matériau ou qu'aucune modification de la granulométrie ne puisse se produire.

Si les échantillons sont conservés dans des sacs, on vérifie que ceux-ci ont une maille suffisamment serrée pour empêcher le passage des fines du matériau. L'emploi de sacs imperméables est à recommander car il permet en outre, de conserver l'humidité naturelle des échantillons lorsqu'ils ont pu être prélevés sans modification de leur teneur en eau.

2.5.2.2
Les échantillons intacts de sols meubles sont fournis dans une gaine rigide qui doit être rendue rigoureusement étanche.

Dans le cas de l'utilisation d'une gaine et de couvercles métalliques, toutes précautions utiles sont prises pour éviter les effets de pile qui résulteraient de la mise en contact de métaux différents.

2.5.2.3
Les carottes intactes de sol rocheux sont soigneusement protégées de l'air et de l'humidité après grattage éventuel. Toutefois, si leur fragilité l'exige, elles doivent être placées dans des gaines rigides et étanches.

Les éprouvettes sont souvent enduites d'une pellicule étanche d'un mélange de paraffine et de vaseline ou de cires minérales. La paraffine employée seule est à proscrire en raison de son retrait à l'air et de la fissuration qui en résulte.

2.5.2.4
Les échantillons intacts sont préservés des intempéries. Ils sont conservés dans des lieux, où ils ne risquent, en aucun cas, d'être soumis soit au gel, soit à des températures excessives. Toutes précautions sont prises pour qu'aucun dommage ne soit causé aux échantillons au cours des manipulations sur le chantier.

Une forte chaleur rayonnée par un poêle dans un baraquement de chantier peut être aussi nocive que le gel.

2.5.3 Emballage et transport des échantillons

D'une façon générale, les échantillons intacts doivent être expédiés aux laboratoires dans le plus court délai possible.

Les dispositions relatives à l'emballage des échantillons sont celles définies par les documents particuliers du marché. A défaut, elles sont à l'initiative de l'entrepreneur.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Elles doivent éviter d'une manière générale, les conséquences des vibrations ou des chocs sur les échantillons.
Le transport des échantillons est effectué selon les prescriptions des documents particuliers du marché.

Pour certains terrains, ou bien en période de gel, le transport peut nécessiter des précautions exceptionnelles ou même conduire à prévoir l'exécution de certains essais sur place.

L'échantillon, dans le transport, est placé dans une position analogue à celle qu'il occupe dans le terrain (verticale pour les échantillons prélevés dans les forages verticaux, etc.).
En cas de transport par avion, il y a lieu de s'assurer qu'il n'y a aucun risque de gel des échantillons.

2.6 Compte rendu de forage

2.6.1 Cahier de chantier

Pour chaque forage, l'entrepreneur établit un cahier de chantier où seront consignées toutes les observations pouvant être faites en cours de forage :

- vitesse ou difficultés de perforation,
- incidents,
- niveaux auxquels des pertes ou des venues d'eau se sont produites

Les forages inachevés ou abandonnés sont décrits avec autant de précision que les forages menés à bien.
Le cahier de chantier est tenu en permanence, à la disposition du maître de l'ouvrage.

2.6.2 Rapport de forage. Présentation des coupes

Pour chaque forage, l'entrepreneur établit un rapport qu'il remet au maître de l'ouvrage. Ce rapport mentionne en particulier :

- le numéro ou la désignation du chantier,
- le nom de l'entreprise chargée de la reconnaissance,
- la situation du forage par rapport à un système de références parfaitement défini, et son inclinaison éventuelle par rapport à la verticale, descendante,
- la date du début et de la fin du forage,
- la ou les méthodes de perforation avec leur zone d'utilisation,
- le ou les diamètres du trou,
- les mesures prises pour la protection du trou aux différents niveaux,
- les niveaux entre lesquels les échantillons ont été prélevés,
- le pourcentage de carottage,

  La définition du pourcentage de carottage est donnée à l' annexe D .

- le type d'appareil de prélèvement utilisé,
- la coupe de forage avec dénomination et représentation symbolique de la nature des sols traversés,

  La représentation symbolique à adopter pour les coupes de forage est conforme aux normes françaises (en préparation).

- les observations concernant la position du ou des plans d'eau et les éventuels phénomènes de boulance,
- l'indication des niveaux auxquels ont été éventuellement effectués certains essais spéciaux (mesure de perméabilité, prélèvements d'eau, détermination *in situ* de certaines caractéristiques physiques ou mécaniques des sols),
- les incidents éventuels de forage.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Chapitre III Exploration et reconnaissance détaillée d'un sol de fondation par essais *in situ*

Les seuls essais *in situ* envisagés dans ce Cahier des Charges sont ceux qui ont pour but de fournir des renseignements sur les résistances mécaniques et la déformabilité des sols traversés.

Beaucoup d'essais *in situ* sont d'un emploi relativement récent et les méthodes utilisées sont encore en pleine évolution. Lorsque l'essai en question ne permet pas de préciser la nature des couches traversées, il est, en général, nécessaire de compléter la reconnaissance par un petit nombre de forages judicieusement choisis.

3.1 Sondages par pénétromètres enfoncés sous l'action d'un vérin

3.1.1

Les appareils dénommés pénétromètres statiques doivent être munis d'un dispositif permettant la mesure séparée :

- de l'effort exercé sur la pointe du pénétromètre,
- du frottement latéral exercé sur le fût.

Toutefois, pour les sondages d'exploration de faible profondeur, il peut être fait usage de pénétromètres sans gaine mais à pointe élargie par rapport au fût, de façon à réduire le frottement latéral.

3.1.2

Au cours de chaque phase du fonçage, la vitesse doit rester uniforme. Les arrêts nécessaires à la mise en place de nouvelles tiges ou consécutifs à des incidents quelconques sont notés ainsi que leur durée.

Au cours du fonçage et de l'arrachage, les mesures doivent être faites à chaque variation notable de résistance et au minimum tous les 25 centimètres. Le temps écoulé entre la fin du fonçage et le début de l'arrachage est éventuellement indiqué.

3.1.3

Les résultats sont présentés sous forme de diagrammes où figurent, en ordonnées, la profondeur, et en abscisses, la contrainte verticale en pointe et l'effort de frottement latéral.

Sont notés également :

- le principe de l'appareil de mesure,
- le type et le diamètre de la pointe,
- le diamètre du fût,
- la ou les vitesses de fonçage utilisées,
- les corrections éventuellement effectuées pour le calcul des contraintes et des efforts (exemple : poids des tiges intérieures dans le cas du pénétromètre à transmission par barres).

3.2 Pénétromètres enfoncés par battage

3.2.1

Les appareils, dénommés pénétromètres dynamiques doivent permettre la transmission en pointe de l'énergie de battage en réduisant au maximum le frottement latéral sur le fût.

L'adoption d'une pointe ayant un diamètre supérieur à celui du fût permet de réduire le frottement latéral.

3.2.2

Au cours du battage, sont notés :

- le poids et la hauteur de chute du mouton,
- le poids total du pénétromètre, en fonction des tiges utilisées à la profondeur atteinte.

3.2.3

Le serrage à fond de toutes les tiges doit être soigneusement vérifié.

3.2.4

Les mesures sont faites tout au long du battage en notant le nombre de coups de mouton nécessaires pour obtenir des enfoncements partiels successifs ne dépassant pas 0,25 m.

Les modifications éventuelles de la vitesse d'enfoncement se produisant en cours de battage sont notées ainsi que les changements affectant la hauteur de chute du mouton et la fréquence de battage.

3.2.5

Les résultats sont reportés sur un diagramme où figurent en ordonnées la profondeur, et en abscisses soit la

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

résistance unitaire en pointe telle qu'elle résulte de l'application d'une formule de battage à expliciter, soit le nombre de coups de mouton nécessaires pour obtenir un enfoncement donné.

En limitant à deux le nombre de représentations graphiques autorisées, on élimine volontairement le diagramme sur lequel on reporte le nombre des coups de mouton cumulés depuis le début de l'essai.

Ce diagramme ne se prête pas en effet à une interprétation aussi immédiate que les deux autres.

Les caractéristiques définies au paragraphe 3.2.2 sont également reportées sur les diagrammes.

3.3 Mesure de l'énergie de battage nécessaire pour enfoncer un carottier dans le sol en place (Standard Penetration Test)

Le carottier utilisé pour cet essai est enfoncé dans la couche à étudier, par battage, à l'aide d'un mouton de 63,5 kg tombant d'une hauteur de 75 cm.

Cet essai permet de se rendre compte de la dureté des sols traversés, tout en prélevant des échantillons remaniés.

Le carottier à utiliser est l'objet d'une étude internationale de normalisation. On utilise généralement un carottier de diamètre extérieur 5 cm et de diamètre intérieur 3,5 cm.

Le carottier est d'abord enfoncé de 15 cm dans le sol, le nombre N1 de coups nécessaires étant noté, puis sont notés les nombres de coups N2 et N3 nécessaires pour le faire pénétrer deux fois de suite de 15 cm supplémentaires dans la couche étudiée, la valeur Standard Penetration Test étant égale à la somme des valeurs N2 et N3.

3.4 Mesure de la déformation et de la butée horizontale des sols en place

Les essais sont, par exemple, basés sur l'inclusion dans un sondage d'une cellule cylindrique susceptible d'être mise en pression, la déformation radiale moyenne étant mesurée par ailleurs. L'appareil est alors conçu de façon que les contraintes appliquées soient uniformes.

L'interprétation peut être faite par l'analyse de la courbe effort-déformation tracée après avoir tenu compte des corrections propres à l'appareil.

L'essai permet, en général, de déterminer un ou plusieurs modules de déformabilité, ainsi qu'une pression limite, pour laquelle les déformations ne se stabilisent plus lorsque la contrainte sur la paroi du trou reste constante. Cette dernière valeur est, en général, obtenue par extrapolation de la courbe tracée.

On peut aussi, dans certains cas, déterminer une « pression de fluage » déduite de l'observation des courbes de déformation sous contrainte constante, pour chacun des paliers de pression utilisés.

Ces caractéristiques ne sont pas nécessairement indépendantes du processus d'essai ; c'est pourquoi il est indispensable que celui-ci soit bien défini et précisé dans le rapport.

Les appareils correspondant à ce type d'essai doivent permettre la mesure à partir d'un sondage de la déformation du sol sous des contraintes radiales.

L'appareil doit être adapté à la compressibilité du terrain et faire l'objet de tests pour déterminer ses propres constantes de compressibilité. Le processus expérimental utilisé doit être bien défini dans le rapport d'essai *in situ* . Il faut mentionner notamment les divers paliers de pression adoptés en cours d'essai et la durée d'application de chacune de ces pressions.

L'état de la paroi du trou de sondage influant d'une manière importante sur les résultats des mesures, le rapport doit préciser le mode d'exécution du trou de sondage et le délai qui s'est écoulé entre la réalisation de l'essai et celle du trou de sondage, les vitesses de montée en pression de palier en palier, ainsi que la nature du sol soumis à l'essai.

3.5 Mesure de la cohésion *in situ* à l'aide de l'appareil à pales

Les appareils de ce type, connus sous le nom de vane test, ou de scissomètre, en France, sont utilisés dans les terrains cohérents de faible consistance. Ils permettent la mesure de la cohésion non drainée du sol et sont bien adaptés aux sols du type argile molle ou vasé.

L'appareil comporte une sonde spéciale munie de pales qui est enfoncée dans la couche à étudier. On mesure ensuite le moment nécessaire pour provoquer la rotation de la sonde.

L'entrepreneur doit préciser les dimensions et la géométrie des pales, le mode de mise en oeuvre de l'appareil ainsi que la vitesse à laquelle est réalisé l'essai.

3.6 Autres essais *in situ*

D'autres types d'essais que ceux envisagés aux paragraphes 3.1 à 3.5 peuvent être également proposés au maître de l'ouvrage.

Ces essais doivent répondre aux conditions suivantes :

a. Le remaniement provoqué dans le sol par la mise en place de l'appareil doit être faible ;
b. Le processus expérimental de l'essai doit être nettement défini ;

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

c. La méthode employée doit avoir fait l'objet d'essais comparatifs justifiant son intérêt pour l'étude des fondations.

3.7 Rapport d'essai *in situ*

Pour chaque essai, l'entrepreneur établit un rapport qu'il remet au maître de l'ouvrage. Ce rapport mentionne en particulier :

- le numéro ou la désignation du chantier,
- le nom de l'entreprise chargée de la réalisation de l'essai,
- la nature de l'essai effectué,
- la situation du point d'essai par rapport à un système de références parfaitement défini,
- la date du début et de la fin de l'essai,
- l'ensemble des renseignements nécessaires pour permettre une bonne interprétation de l'essai et, en particulier, ceux qui ont été mentionnés dans les articles 3.1 à 3.6 .

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe A Dénomination provisoire des sols rencontrés

En l'absence de tout essai de laboratoire, les dénominations provisoires des sols, utilisées lors de la rédaction du rapport de forage, sont nécessairement très sommaires. Il n'est pas question, en particulier, de donner une classification des différents types de sols rocheux.

De même, il n'est pas possible, sans un examen ou des essais plus minutieux effectués par spécialiste, de distinguer une marne d'une argile.

1 Sols meubles

La classification ci-dessous qui s'applique aux sols meubles est uniquement basée sur l'aspect granulométrique du sol.

On distingue quatre classes principales de grains :

a. Les graviers dont la dimension moyenne est supérieure à quelques millimètres ;
b. Les sables formés de grains de dimension moyenne inférieure à celle des graviers mais restant perceptibles à l'oeil nu ;
c. Les limons qui sont intermédiaires entre les sables et les argiles. Ils sont très peu plastiques à l'état humide et n'offrent à l'état sec qu'une faible résistance à l'écrasement sous l'action des doigts ;
d. Les argiles qui sont formées de grains les plus petits (quelques microns au maximum). L'argile mouillée est très plastique et se pétrit facilement en petites boules ou en boudins de faible épaisseur. A l'état sec, l'argile offre une résistance importante à l'écrasement sous l'action des doigts.

Les dénominations données au sol mentionnent la classe unique ou les deux classes de grains qui sont prépondérantes dans le sol.

a. Les graviers dominent :
   - gravier,
   - gravier sableux,
   - gravier limoneux,
   - gravier argileux ;
b. Les sables dominent :
   - sable,
   - sable graveleux,
   - sable limoneux,
   - sable argileux ;
c. Le limon domine :
   - limon,
   - limon graveleux,
   - limon argileux ;
d. L'argile domine :
   - argile,
   - argile graveleuse,
   - argile sableuse,
   - argile limoneuse.

Si les sols contiennent en plus une faible quantité de matières organiques, la mention « organique » est ajoutée aux appellations précédentes.

Si les matières organiques sont en pourcentage important, les sols sont appelés :

- terre végétale, si le sol contient des éléments végétaux non décomposés,
- tourbe, si la trame végétale est morte et en voie de décomposition mais reste nettement visible,
- vase, s'il s'agit de sols fins contenant des matières organiques et décomposées et possédant une odeur caractéristique.

Toute présence de remblais ou d'éboulis fait l'objet d'une mention ajoutée à la dénomination donnée au sol.

2 Sols rocheux

Les renseignements fournis mentionnent, en particulier, s'il s'agit d'une roche dure, tendre, homogène, stratifiée, fissurée, fracturée, vacuolaire, altérée, de grande ou faible densité, avec ou sans porosité apparente, etc.

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe B Masse de matériau nécessaire pour les principaux essais de laboratoire effectués sur des échantillons remaniés

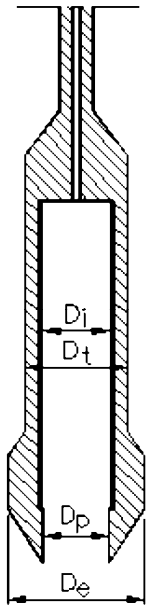
Dans le tableau ci-dessous , P désigne la masse d'échantillon exprimée en grammes, D le diamètre du plus gros élément en millimètres.

Essais d'identification (Granulométrie + limites d'Atterberg + poids spécifique + matières organiques + équivalent de sable)	**300 D < P < 600 D avec au moins 800 g de mortier (éléments inférieurs à 0,5 mm).**
Essais de compactage Proctor	- Si D < 5 mm, P = 4000 - 5 < D < 20, P = 7000 - D > 20, P = 12000 Si le matériau est friable, il est nécessaire de reprendre un échantillon frais pour la détermination de chaque point de la courbe Proctor. Il faut alors respectivement 15, 30 ou 50 kg de matériau suivant les valeurs de D données ci-dessus.
Détermination de l'indice portant C.B.R. sur un moulage, ou mesure du coefficient de perméabilité k sur sol compacté	- Si D < 20 mm, P = 6000 - Si D > 20 mm, P = 10000 (En général, pour les essais C.B.R., où les perméabilités sont déterminées pour au moins trois compacités différentes et les quantités ci-dessus sont à multiplier par 3.)

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe C Caractéristiques géométriques des carottiers à percussion

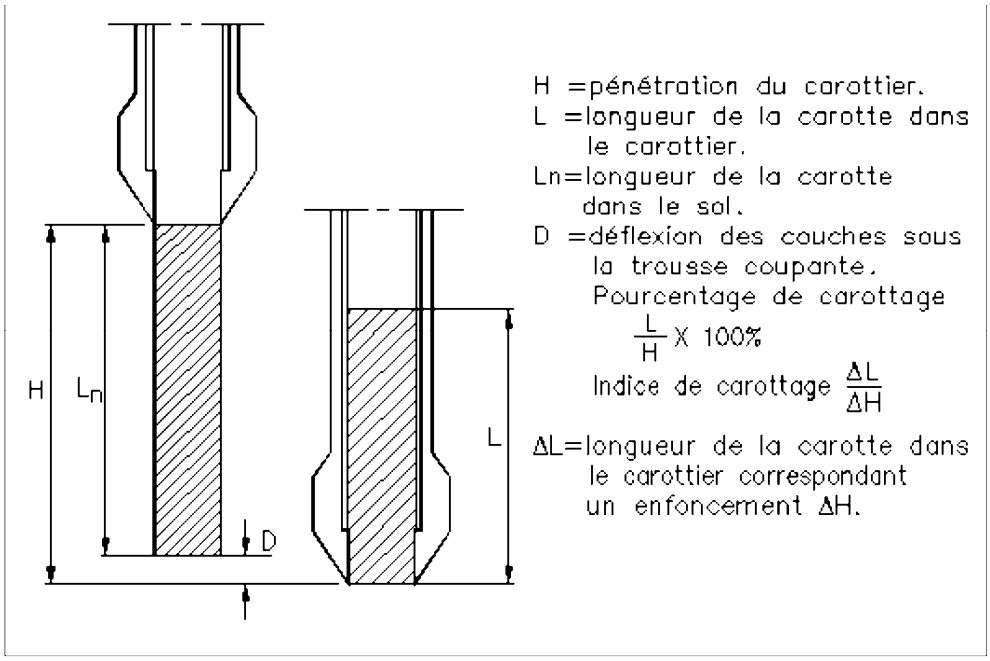


Jeu d'entrée	$Di - Dp$
Jeu de fonçage	$De - Dt$
Coefficient d'entrée ou jeu intérieur	$\frac{Di - Dp}{Dp}$
Coefficient de fonçage	$\frac{De - Dt}{Dt}$
Indice de surface ou coefficient de paroi	$\frac{De^2 - Dp^2}{Dp^2}$

https://www.engcopilot.com/

https://www.engcopilot.com/

Annexe D Définition du pourcentage et de l'indice de carottage



https://www.engcopilot.com/